

【書類名】 特許願

【整理番号】 97NKP237

【提出日】 平成10年 5月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01M 11/02  
H01L 21/027

【発明の名称】 波面収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造方法

【請求項の数】 6

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 竹内 仁

【特許出願人】  
【識別番号】 000004112  
【氏名又は名称】 株式会社ニコン  
【代表者】 吉田 庄一郎

【代理人】  
【識別番号】 100077919  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 井上 義雄

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 047050  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9702956

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波面収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検光学系を通過した光束を所定面上に集光させる集光レンズと、

前記光束の一部を通過させるための開口絞りと、

前記所定面上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置の位置ずれを検出する集光位置検出部と、

少なくとも前記開口絞りを移動させる移動部と、

前記集光位置検出部からの出力信号に基づいて前記被検光学系の収差を算出する演算処理部と、

を有することを特徴とする波面収差測定装置。

【請求項 2】 前記集光レンズは前記光束の一部を集光し、前記移動部は、少なくとも前記集光レンズと前記開口絞りとを一体として移動させることを特徴とする請求項 1 記載の波面収差測定装置。

【請求項 3】 被検光学系を通過した光束を集光レンズにより所定面上に集光させる集光工程と、

前記光束の一部を開口絞りにより通過させる工程と、

前記所定面上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置の位置ずれを集光位置検出部により検出する集光位置検出工程と、

少なくとも前記開口絞りを移動させる移動工程と、

前記集光位置検出工程で得られた出力信号に基づいて前記被検光学系の収差を算出する演算処理工程と、

からなることを特徴とする波面収差測定方法。

【請求項 4】 前記集光工程では前記光束の一部を集光し、前記移動工程では、少なくとも前記集光レンズと前記開口絞りとを一体として移動させることを特徴とする請求項 3 記載の波面収差測定方法。

【請求項 5】 所定の回路パターンを照明する露光用照明光学系と、

照明された該回路パターンの像を基板上に形成する投影光学系と、

該投影光学系の収差を測定するための請求項 1 又は 2 記載の波面収差測定装置とを有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項 6】 所定の回路パターンを基板に転写する工程を含むデバイス製造方法であって、

露光用照明光学系を用いて所定の回路パターンを照明する工程と、

投影光学系を用いて照明された回路パターンを基板上に形成する工程と、

請求項 3 又は 4 記載の波面収差測定方法を用いて前記投影光学系の収差を測定する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被検光学系、特に半導体デバイスまたは液晶表示素子を製造する際に使用される投影露光装置等に備えられる投影光学系の波面収差、光学性能を測定する波面収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、被検光学系の波面収差を測定する場合は、干渉光学系を使用する方法または Shack-Hartmann (ハルトマン) 方式と呼ばれるレンズアレイを用いる方法がある。干渉光学系によるものは、測定対象である被検光学系を干渉光学系に組み込んで測定するものでトワイマン・グリーン型干渉計、フィゾー干渉計などが知られている。例えば、トワイマン・グリーン型干渉計は、レーザ光源からの光束をハーフミラーで 2 分割し、一方の光束は被検光学系を透過させ、他方の光束は参照光とする。そして、被検光学系を透過した光と参照光とを干渉させ、その干渉縞から被検光学系の収差を測定するものである。

【0003】

また、Shack-Hartmann (ハルトマン) 方式による波面収差測定では、図 7 に示すように、まず被検光学系 TL を透過した波面 (以下、「被検

波面」という)をコリメータレンズCLにて平行光にする。そして、微小なレンズL'を2次元に配列したレンズ(以下「2次元レンズアレイ」という)に入射させる。ここで、被検波面が理想的な波面、即ち被検光学系に収差が無い場合の波面から偏差を有していると、該偏差は集光位置検出部DET上で理想的な波面の集光位置と被検波面の集光位置のズレとして現れる。これにより、2次元レンズアレイの個々のレンズの集光点の位置ずれに基づいて、被検光学系の収差を算出するものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記従来技術では、以下の問題が生ずる。まず、干渉計方式では、波面収差測定のための干渉光学系装置が必要となる。該装置は波長オーダーの干渉を測定するため振動などの影響を受けやすいので、防振動台なども必要とする。このため、装置が大型化してしまい空間の使用効率が悪く問題である。

【0005】

また、Shack-Hartmann(ハルトマン)方式による波面収差測定では、高精度に2次元レンズアレイを作製することが困難である。さらに、該レンズアレイの各々の精度にばらつきが存在すると、集光位置の検出精度も低下するので、波面収差を高精度に測定することができない。

【0006】

本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、小型かつ製造容易であり、波面収差を高精度に簡便に測定できる波面収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1記載の発明は、被検光学系(TL)を通過した光束を所定面(IP)上に集光させる集光レンズ(L)と、

前記光束の一部を通過させるための開口絞り(AP)と、

前記所定面(IP)上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置

(P) の位置ずれを検出する集光位置検出部 (DET) と、  
 少なくとも前記開口絞り (AP) を移動させる移動部 (M) と、  
 前記集光位置検出部 (DET) からの出力信号に基づいて前記被検光学系 (TL) の収差を算出する演算処理部 (PC) とを有することを特徴とする。

【0008】

また、請求項 2 記載の発明は、前記集光レンズ (L) は前記光束の一部を集光し、前記移動部 (M) は、少なくとも前記集光レンズ (L) と前記開口絞り (AP) とを一体として移動させることを特徴とする。

【0009】

また、請求項 3 記載の発明は、被検光学系 (TL) を通過した光束を集光レンズ (L) により所定面上に集光させる集光工程と、

前記光束の一部を開口絞り (AP) により通過させる工程と、

前記所定面 (IP) 上における前記開口絞り (AP) を通過した光束の一部の集光位置 (P) の位置ずれを集光位置検出部 (DET) により検出する集光位置検出工程と、

少なくとも前記開口絞り (AP) を移動させる移動工程 (M) と、

前記集光位置検出工程で得られた出力信号に基づいて前記被検光学系 (TL) の収差を算出する演算処理工程 (PC) とからなることを特徴とする。

【0010】

また、請求項 4 記載の発明は、前記集光工程 (L) では前記光束の一部を集光し、前記移動工程 (M) では、少なくとも前記集光レンズ (L) と前記開口絞り (AP) とを一体として移動させることを特徴とする。

【0011】

また、請求項 5 記載の発明は、所定の回路パターン (R) を照明する露光用照明光学系 (1乃至10) と、

照明された該回路パターン (R) の像を基板 (WH) 上に形成する投影光学系 (PL) と、

該投影光学系 (PL) の収差を測定するための請求項 1 又は 2 記載の波面収差測定装置 (UT) とを有することを特徴とする。

【0012】

また、請求項6記載の発明は、所定の回路パターン（R）を基板（WH）に転写する工程を含むデバイス製造方法であって、

露光用照明光学系（1乃至10）を用いて所定の回路パターン（R）を照明する工程と、

投影光学系（PL）を用いて照明された回路パターン（R）の像を基板（WH）上に形成する工程と、

請求項3又は4記載の波面収差測定方法を用いて前記投影光学系（PL）の収差を測定する工程とを含むことを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下添付図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

（第1実施形態）

図1は本発明の第1実施形態にかかる波面収差測定装置の構成概略を示す図である。被検光学系であるレンズTLの透過光をコリメータレンズCLで平行光にする。そして、集光レンズLで該平行光を集光し、レンズLの背後に配置された開口絞りであるアパーチャAPで一部のみを通過させる。アパーチャAPを通過した一部の光束は2次元CCDのような集光位置検出部DETの撮像面IP上に集光され、集光点Pの集光レンズLに対する相対位置が測定される。集光点Pの検出は、2次元CCDに限られず、1次元CCDを用いて走査すること、または1次元CCDを回転すること、さらには単独の光センサを用いて2次元走査することにより検出してもよい。そして、移動部Mは、集光レンズLと集光位置検出部DETの相互の位置関係を維持したまま、被検波面全体を走査するようにアパーチャAPを移動する。かかる場合に、集光レンズL、アパーチャAPおよび検出部DETは一体のユニットUT内に収納されてることが好ましい。

【0014】

なお、第1実施形態では、被検波面の中央部分（光軸AX近傍の光束）を集光するときは集光レンズLの中心部分を用い、被検波面の周辺部分（周辺の光束）を集光するときは集光レンズLの周辺部分を用いている。このように、集光レン

ズLを用いる部分が異なるので、該レンズLが収差を有する場合に、該収差が測定結果に影響するおそれがある。そこで、集光レンズLの収差のよる影響を低減させるために、集光レンズLとして、図2(a)又は(b)に示すように被検波面の一部の光束を集光させる小口径レンズLを用いることがさらに好ましい。かかる小口径レンズLを用いた場合は、該レンズLを被検波面全体を走査するように移動部Mにより移動させる。

## 【0015】

次に、集光位置検出部DETからの出力信号に基づいて被検光学系の収差を算出する手順について説明する。波面収差測定装置として、図2(b)に示すような構成の装置を考える。ユニットUT内に収納されたレンズL、開口絞りAP及び検出部DETは一体となって移動される。図3(a)乃至(c)は、被検波面の任意の領域内の3点の測定結果、即ちユニットUTを3点移動した場合の各々の検出部DET上の集光点Pの変化の様子を示している。ここで、撮像面IPの平面をX-Y平面としている。被検波面が理想的な波面、即ち無収差の波面であれば、ユニットUTを被検波面内のどこに移動しても集光点Pは検出部DETの中心Oにある。しかし、実際の被検波面は収差、つまり理想的な波面からの偏差(波面の傾きの差)を有している。したがって、図3(a)乃至(c)に示すように、各測定点によって、その点における該偏差が検出部DET上の集光点Pの位置の変化となって表れる。集光点Pの中心からの位置ずれは測定点における被検波面の微分情報に対応しているので、移動毎の各測定点における集光点Pの位置ずれから得られる値を被検波面全体について順次積分すれば被検光学系の収差を算出ことができる。かかる算出手順の概念を図4に示す。図4は矢印方向に向かって、順次測定ユニットUTを移動し、各移動点で次々と測定を行なう様子を示している。上述のように各測定点における波面W'の傾きによる集光点Pのずれ量を順次演算処理装置PCを用いて積分することで被検波面Wを算出できるので、被検光学系の収差を求めることができる。

## 【0016】

なお、上記第1実施形態では、被検波面を平行光にするためにコリメータレンズCLをユニットUTに組み込んでいるが、図2(b)に示すようにコリメータ

レンズCLをユニット外に設けても良い。さらには、コリメータレンズCLを用いずに、被検光学系TLを透過した球面波をそのまま本装置で測定してもよいことは言うまでもない。

【0017】

(第2実施形態)

図5は、本発明の波面収差測定装置ユニットUTを有する投影露光装置の構成を示す図である。この投影露光装置により、回路パターンが形成された半導体デバイスが作成される。該投影露光装置の概略を説明する。レーザ光源1からの光束LB0は、ビーム整形光学系2によりビーム整形され、略平行なレーザビームとなったLB1は、干渉パターンを平均化する干渉縞低減部4を経てフライアイレンズ5に入射する。干渉縞低減部は、レチクル上での照度均一性を高めるものであり、その原理は本出願人による特開昭59-226317号公報に開示されている。フライアイレンズ5を射出したレーザビームIL2は、第1リレーレンズ7Aを介して視野絞り8に入射する。レーザビームIL2の断面形状は視野絞り8により整形される。視野絞り8はレチクルRのパターン形成面及びウエハWHの露光面と共役な位置に配置されている。視野絞り8の開口部から射出されたレーザビームIL2は、第2リレーレンズ、ミラー9、コンデンサレンズ10を経て回路パターンが形成されたレチクルRを照明する。レチクルRはステージ11上に載置されており、主制御系16からの指令に基づき、レチクルステージ制御部21がレチクルステージ11を駆動する。そして、照明されたレチクルRのパターンの像が、投影光学系PLにより基板であるウエハWH上に形成される。種々のパターンが順次形成されて半導体デバイスが作成される。ウエハWHはウエハステージ13上のウエハホルダ12に真空チャックされている。また、ウエハステージ制御部22は該ステージ13を高精度に位置決めしつつ駆動制御する。また、入出力装置24は、投影露光装置本体とオペレータとのマンマシンインターフェースである。図6は本投影露光装置のステージ近傍を拡大した図である。波面収差測定装置のユニットUTがステージ13上にウエハホルダ12を介して載置される。なお、ここでは被検光学系として投影レンズPLを用いている。次に、ユニットUTが集光レンズLからの被検波面全体を走査するように、ステ



ージ制御部 22 でステージ 13 を駆動する。そして、上述のように各測定点における集光点の位置ずれを求め、演算処理装置 PC で上述のような積分演算を行なう。このように、ユニット UT をステージ 13 に載置し、ステージ 13 を駆動するだけで簡便に投影レンズ PL の波面収差を測定できる。また、投影露光装置上で、露光光源を用いて測定できるので装置が小型なものになる。さらに、別の干渉計を用いて測定する場合に比較して空間的场所を必要とせず、また、レンズアレイを用いて測定する場合に比較して高精度に収差を測定できる。加えて、レンズの乗せ替え（交換）等が無く、投影露光装置に本波面収差測定ユニットを搭載した状態で、測定結果に基づいて投影レンズ PL の調整を行なうことができる。このとき、自動レンズ調整手段等と組み合わせれば、波面収差の測定結果を該自動レンズ調整手段等にフィードバックさせ、レンズ間隔を調整することができる。これにより、自動的に投影光学系の波面収差を修正でき、結像特性を向上させることができる。

## 【0018】

また、上記各実施形態において、集光位置測定部 DET の測定分解能と、移動部 M 又はウエハステージ 13 の位置制御精度を高くすることで、被検光学系の収差測定精度を向上させることができる。例えば、集光位置検出部の検出分解能が  $10 \sim 20 \mu\text{m}$  の場合は、 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$  の領域を露光する投影露光装置ではウエハステージ 13 を  $1\text{mm}$  ピッチで制御すれば十分である。

## 【0019】

また、アパーチャ AP の開口面積を可変としても良い。このとき、開口部を絞った方が、分解能が向上するので測定精度が高くなる。

## 【0020】

## 【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 記載の発明では、所定面上における開口絞りを通過した光束の一部の集光位置の位置ずれを検出する集光位置検出部を有し、少なくとも開口絞りを移動させている。したがって、干渉計又は 2 次元レンズアレイを用いなくても、小型で簡便な構成で被検光学系の収差を高精度に測定できる。

【0021】

また、請求項2記載の発明では、集光レンズは前記光束の一部を集光し、移動部は、少なくとも集光レンズと開口絞りとを一体として移動させている。したがって、集光レンズは小型なレンズで良いため製造容易であり、コストも安く済む。さらに、常に小型な集光レンズの全面を使用して集光するので、該集光レンズ自身の収差の影響による測定誤差を低減できる。

【0022】

また、請求項3記載の発明では、所定面上における開口絞りを通じた光束の一部の集光位置の位置ずれを集光位置検出部により検出する集光位置検出工程と、少なくとも前記開口絞りを移動させる移動工程とを有している。したがって、干渉計又は2次元レンズアレイを用いなくても、小型で簡便な構成で被検光学系の収差を高精度に測定できる。

【0023】

また、請求項4記載の発明では、集光工程では光束の一部を集光し、移動工程では、少なくとも前記集光レンズと前記開口絞りとを一体として移動させている。したがって、集光レンズは小型なレンズで良いため製造容易であり、コストも安く済む。さらに、常に小型な集光レンズの全面を使用して集光するので、該集光レンズ自身の収差の影響による測定誤差を低減できる。

【0024】

また、請求項5記載の発明では、投影露光装置は請求項1又は2記載の波面収差測定装置を有している。したがって、投影露光装置の例えばウエハステージ上に、該波面収差測定装置を設置するのみで、簡便に投影レンズの収差を測定できる。また、露光装置の光源をそのまま使用できるので装置も小型化できる。

【0025】

また、請求項6記載の発明では、請求項3又は4記載の波面収差測定方法を用いて投影光学系の収差を測定する工程を含んでいる。したがって、投影光学系の収差を簡便かつ高精度に測定することで、迅速かつ高精度にデバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態にかかる波面収差測定装置の構成を示す図である。

【図 2】

(a)、(b) は本発明の実施形態にかかる波面収差測定装置の変形例の構成を示す図である。

【図 3】

(a)、(b)、(c) は測定位置により集光点 P の位置が変化する様子を示す図である。

【図 4】

被検波面 W と波面の傾き  $W'$  との関係を示す概念図である。

【図 5】

本発明の実施形態にかかる波面収差測定装置を用いる投影露光装置の構成を示す図である。

【図 6】

図 5 に示す投影露光装置のステージ近傍の拡大図である。

【図 7】

従来の波面収差測定装置の構成を示す図である。

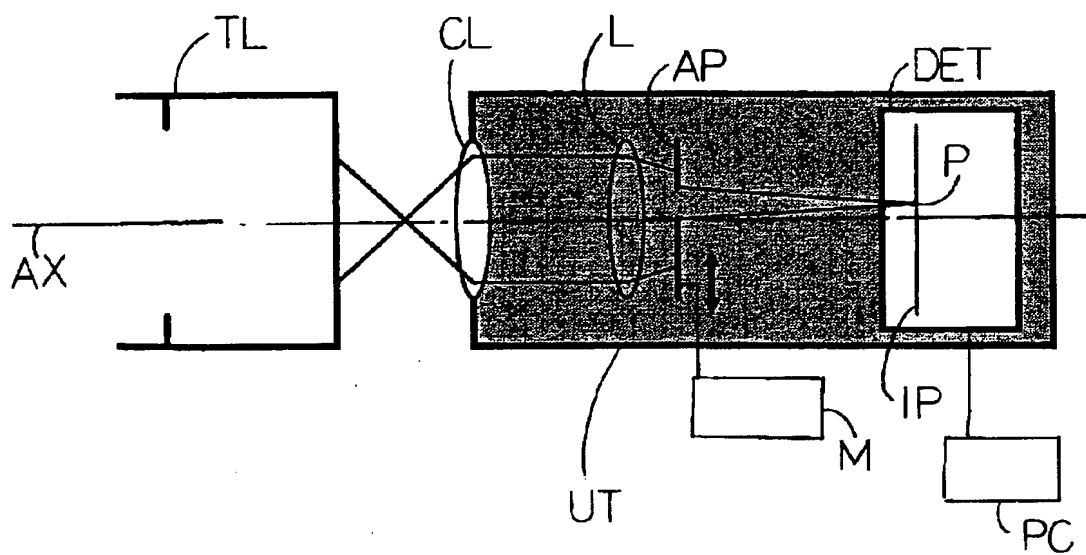
【符号の説明】

TL 被検レンズ  
CL コリメータレンズ  
L 集光レンズ  
AP アパーチャ  
M 移動部  
DET 集光位置検出部  
PC 演算処理装置  
IP 撮像面  
P 集光点  
W 被検波面  
 $W'$  被検波面の傾き

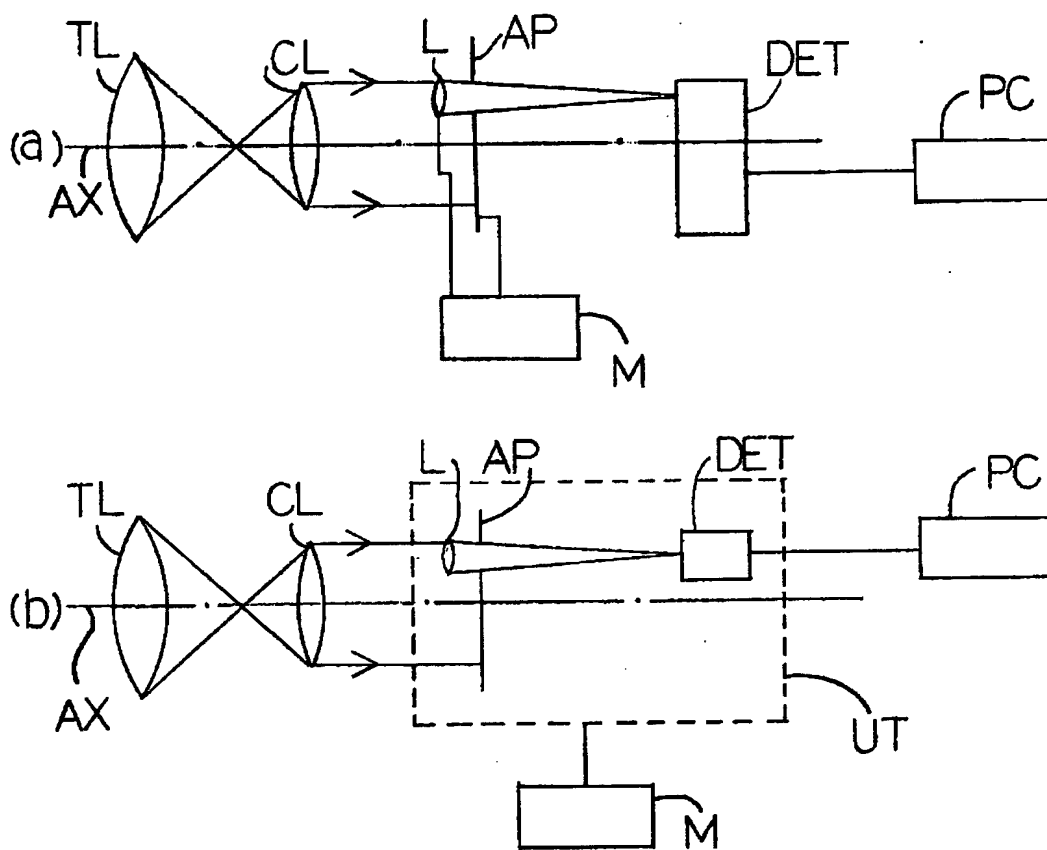
- 1 パルスレーザ光源
- 5 フライアイレンズ
- 6 ビームスプリッタ
- 7 A, 7 B リレー光学系
- 10 コンデンサレンズ
- R レチクル
- P L 投影レンズ
- W H ウエハ
- 13 ウエハステージ
- 22 ステージ制御部

【書類名】 図面

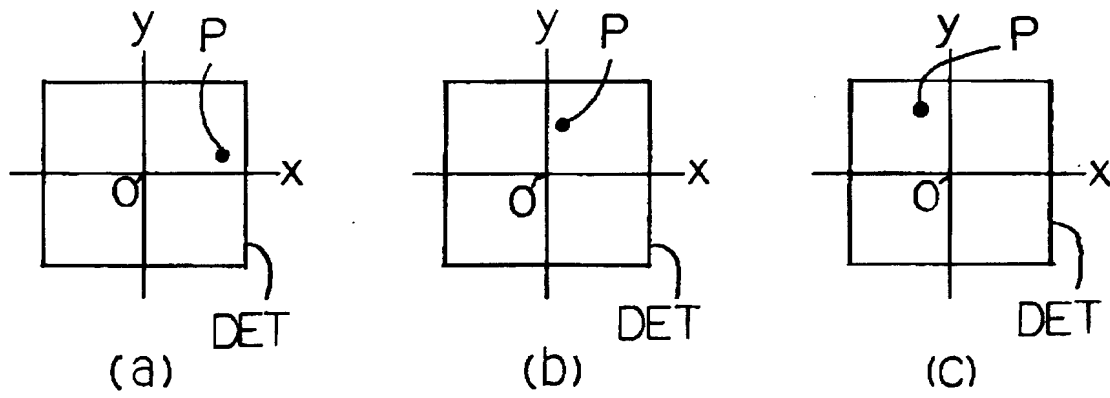
【図 1】



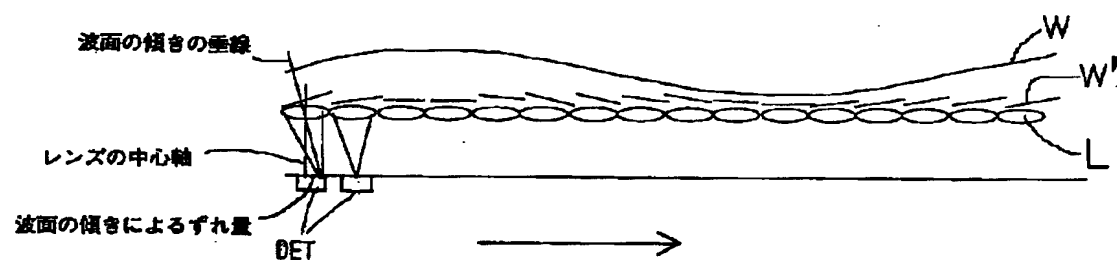
【図 2】



【図 3】

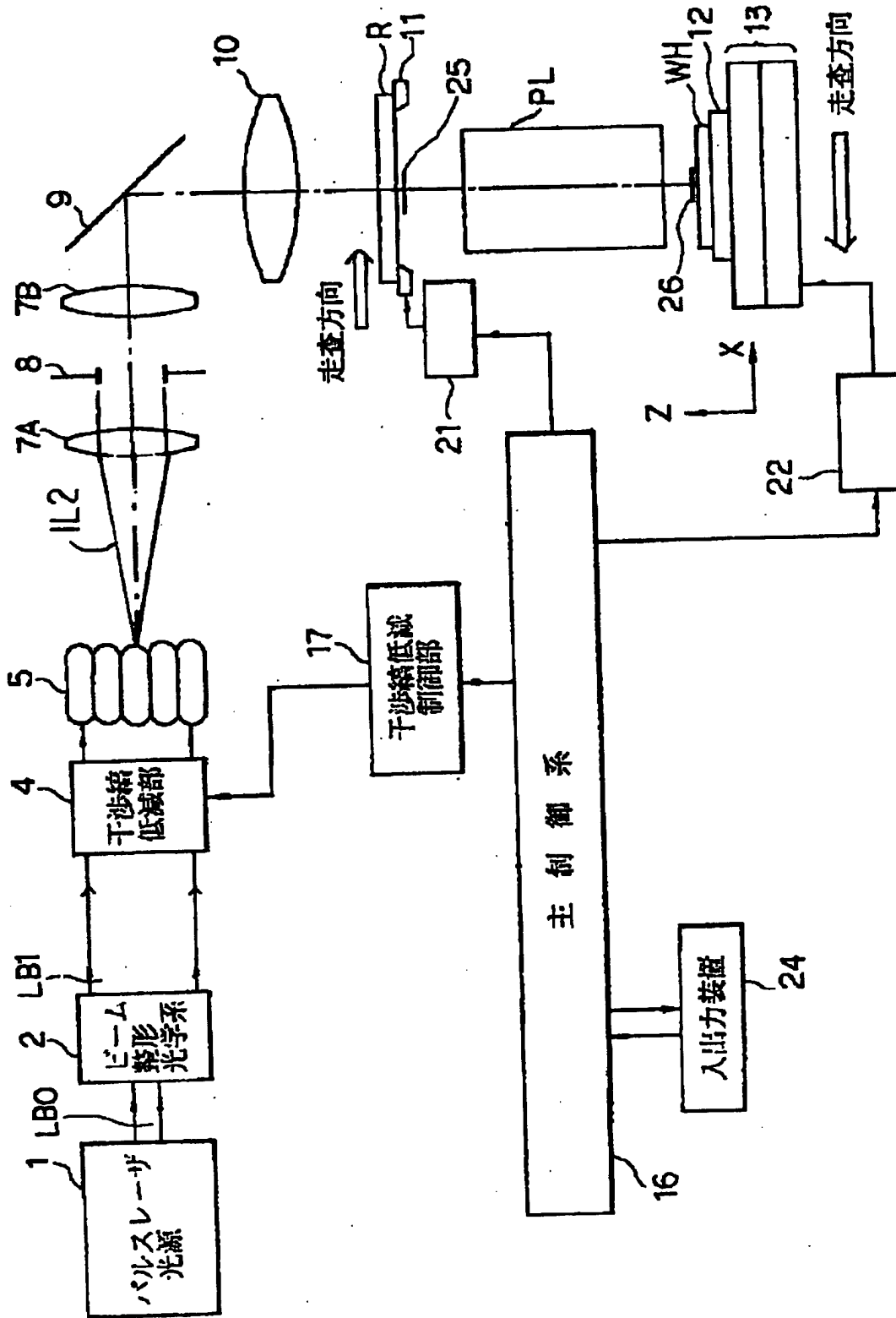


【図 4】

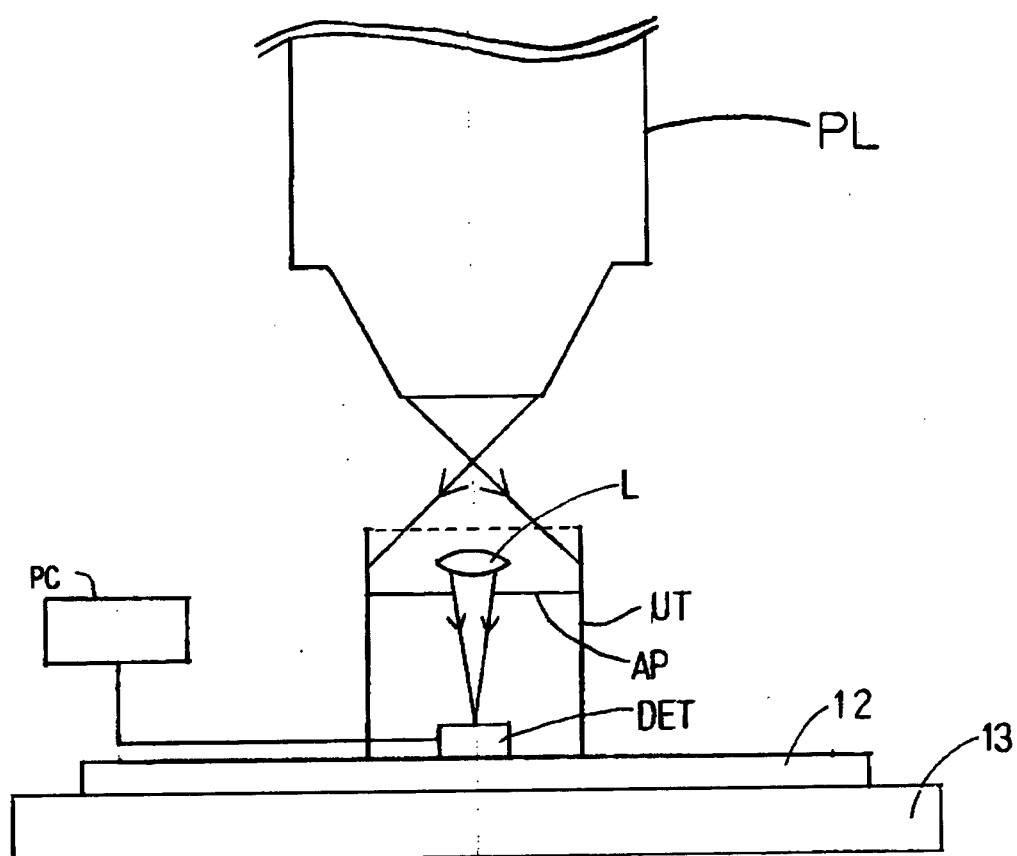




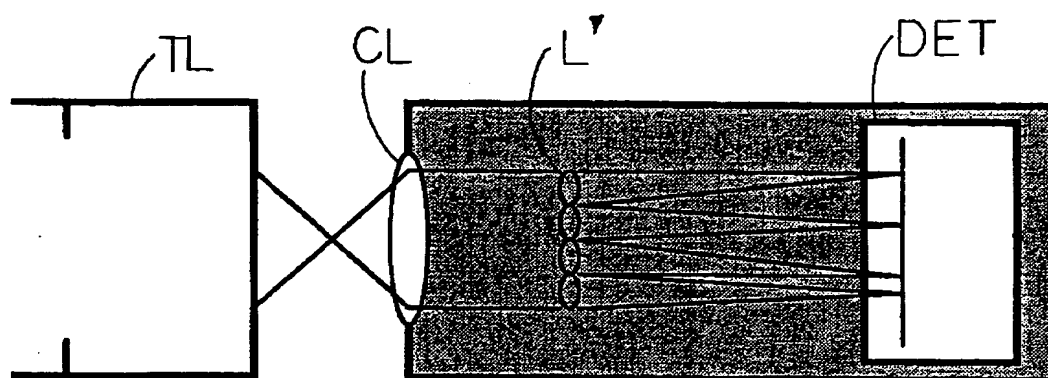
【図5】



【図6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型かつ製造容易であり、波面収差を高精度に簡便に測定できる波面収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造方法を提供すること。

【解決手段】 被検光学系 TL を通過した光束を所定面 IP 上に集光させる集光レンズ L と、光束の一部を通過させるための開口絞り AP と、所定面 IP 上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置 P の位置ずれを検出する集光位置検出部 DET と、少なくとも前記開口絞りを移動させる移動部 M と、前記集光位置検出部 DET からの出力信号に基づいて前記被検光学系 TL の収差を算出する演算処理部 PC とを有する。

【選択図】 図 1

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】  
【識別番号】 000004112  
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
【氏名又は名称】 株式会社ニコン  
【代理人】 申請人  
【識別番号】 100077919  
【住所又は居所】 東京都中央区日本橋3-1-4 画廊ビル3階 井  
上国際特許商標事務所  
【氏名又は名称】 井上 義雄

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名	株式会社ニコン

US 0971418304P1



Creation date: 08-08-2003  
Indexing Officer: KLITTLE - KEVIN LITTLE  
Team: OIPEFilingRcptCorrection  
Dossier: 09714183

Legal Date: 11-04-2001

No.	Doccode	Number of pages
1	IDS	3
2	NPL	1
3	FOR	18
4	FOR	13
5	FOR	20

Total number of pages: 55

Remarks:

Order of re-scan issued on .....